

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑩ DE 196 09 320 A 1

⑤1 Int. Cl. 6:  
**G 01 L 3/04**  
G 01 L 5/12  
G 01 B 21/32  
// G 01 B 121:08

②1 Aktenzeichen: 196 09 320.1  
②2 Anmeldetag: 9. 3. 96  
④3 Offenlegungstag: 11. 9. 97

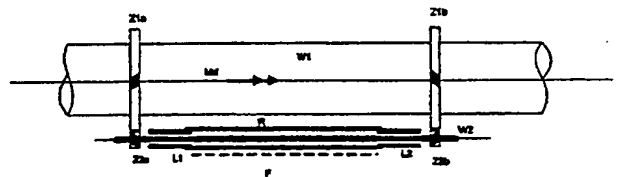
DE 196 09 320 A 1

⑦1 Anmelder:  
Günther, Norbert, 18055 Rostock, DE

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤4 Verfahren und System zur Messung des Drehmoments an rotierenden Wellen, insbesondere zur gleichzeitigen Messung des Drehmoments und des Schubs an Wellen mit einem Strömungslaufrad

⑤7 Meßwelle neben einer leistungsführenden Welle angeordnet und von dieser über zwei Zahnräder angetrieben, so daß sich die Verdrehung der Leistungswelle auf die Meßwelle überträgt. Durch die Schrägverzahnung der Räder ergibt die Verdrehung der Leistungswelle eine Längenänderung der Meßwelle, die zur Bestimmung eines wirkenden Axialschubs in der Leistungswelle benutzt wird. Die Meßwelle kann unabhängig von der Leistungswelle kalibriert werden.



DE 196 09 320 A 1

## Gegenstand der Erfindung

Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren und ein System zur Messung des Drehmoments und des Schubs einer rotierenden Welle von Maschinen und Anlagen, die eine mechanische Leistung mittels einer Antriebsmaschine wie zum Beispiel Propeller übertragen.

## Stand der Technik

Einige der bekannten Meßverfahren nutzen die Verdrehung der leistungsübertragenden Welle zur direkten Abgabe des Meßsignals für die Messung des Drehmoments, beispielsweise mittels einer schwingenden Saite oder durch Dehnungsmeßstreifen. Die Messung des mit der arbeitenden beispielsweise Antriebsmaschine verbundenen Schubs erfolgt separat in einem eigenem Meßsystem, das die in axialer Richtung wirkenden Kräfte erfaßt.

Andere bekannte Meßsysteme für das Drehmoment beruhen auf dem Vergleich zweier gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Wellenstrangs aufgenommenen Meßsignalen, beispielsweise des Phasenwinkels zweier elektrischer Meßgeneratoren.

Es sind Vorschläge bekannt geworden, die die Verdrehung und Längenänderung der Welle mittels optischer Verfahren, beispielsweise mittels eines genau vermessenen Laserstrahls bestimmen können. Ausführungen dieses Meßprinzips für den sicheren Dauerbetrieb sind derzeit nicht bekannt.

Nachteilig ist unter anderem bei den bekannt gewordenen Verfahren, daß die mit der Meßapparatur erreichbare theoretische Genauigkeit der Messung zwar hoch, aber eine genaue Kalibrierung der Meßeinrichtung schwierig und aufwendig ist, so daß die Justierung der Meßeinrichtung auf Vergleichsmessungen mit einem zweiten Meßsystem angewiesen ist.

Ein weiterer Nachteil bekannter Systeme zur Messung des Drehmoments an rotierenden Wellen besteht in der Verfälschung des Meßsignals durch Verformungen der Welle durch betriebsbedingte Querkkräfte und Biegemomente.

Es sind auch Vorschläge bekannt geworden, wonach aus der Verformung der Welle zugleich auch der Axialschub eines Propellers bestimmt werden kann. Für den Dauerbetrieb sichere, nach diesem Prinzip ausgeführte Meßsysteme sind nicht bekannt.

Für Schiffsuntersetzungsgetriebe mit schrägverzahnten Rädern ist ein Vorschlag für die kombinierte Messung von Propellerleistung und Schub unter Berücksichtigung der an der Schrägverzahnung entstehenden Axialkräfte bekannt geworden.

## Zielstellung der Erfindung

Die Zielstellung der Erfindung besteht in der Schaffung eines Meßsystems, mit dem insbesondere der vorstehend genannte Nachteil der nicht möglichen Kalibrierung des Meßsystems durch eine aufgebrachte bekannte Vergleichsverdrehung der Welle vermieden werden kann.

## Erfindungsgemäße Lösung

Die erfindungsgemäße Lösung besteht in der funktion-

nellen Trennung der Leistungsübertragung der rotierenden Welle von der zu messenden Verdrehung derart, daß eine weitere, von der Leistungswelle angetriebene und im Vergleich zur Leistungswelle drehweiche Meßwelle angeordnet wird, die als Sensor oder Sensorträger dient und unabhängig von der Leistungswelle kalibriert werden kann. Die erfindungsgemäße Lösung besteht weiterhin darin, daß die Meßwelle von der Leistungswelle mittels schrägverzahnten Rädern angetrieben wird und die durch Axial-Zahnkräfte entstehende Längenänderung für die Bestimmung des Schubes an Propellerwellen verwendet wird.

## Ausführungsbeispiel

Die erfindungsgemäße Lösung wird nachfolgend am Beispiel einer Schiffspropellerwelle erläutert. Es stellen dar:

- Bild 1 die Anordnung einer Meßwelle neben der zu vermessenden Leistungswelle
- Bild 2 die Verdrehwinkel in Leistungswelle und Meßwelle
- Bild 3 eine Form der Meßwelle zur Erzeugung eines großen Verdrehwinkels und einer großen Längsverformung infolge unterschiedlicher Wellenquerschnitte.

Auf der zu vermessenden Leistungswelle W1 sind die schrägverzahnten Zahnräder Z1a und Z1b in geeigneter Weise fest angeordnet, Bild 1.

Neben der Leistungswelle ist fluchtend die Meßwelle W2 so angeordnet, daß die auf der Meßwelle befestigten Zahnräder Z2a und Z2b spielfrei mit den Rädern Z1a und Z1b ständig im Zahneingriff sind.

Die Meßwelle W2 ist in einem rohrförmigen Träger R mit den Lagern L1 und L2 gelagert. Der Träger R ist mit dem Fundament F des Antriebssystems oder mit der Leistungswelle W1 selbst derart verbunden, daß auftretende Verformungen des Schiffs durch Beladung oder Seegang zu keinen oder nur geringen Verformungen der Meßwelle führen.

Auf der Meßwelle sind die Sensoren angeordnet, die die Verdrehung und Längenänderung erfassen und an das raumfeste System weitergeben. In einer anderen Ausführungsform 1 besteht die Meßwelle aus beispielsweise elektrisch oder optisch wirksamen Material und dient selbst als Sensor. An den freien Wellenenden kann der Signaleintritt und Signalaustritt besonders günstig erfolgen.

Durch das Übersetzungsverhältnis der Räderpaare Z1a/Z2a und Z1b/Z2b erfährt die Meßwelle einen größeren Verdrehwinkel als die Leistungswelle, der mit besserer Genauigkeit gemessen werden kann, Bild 2.

Eine Verbesserung der Messung ergibt sich ebenfalls, wenn wie in Bild 3 dargestellt die Meßwelle in dem Längenabschnitt einen geringeren Durchmesser hat und in diesem Bereich die Sensoren, beispielsweise Dehnmeßstreifen angeordnet sind.

Ebenso wie ein verringerter Durchmesser wirkt die Verwendung von Material in einem solchen Längenabschnitt, mit dem die Eigenschaften einer weicheeren Verdrehfeder erreicht werden.

Durch die Schrägverzahnungen, Bild 1, entstehen bei Verdrehung der Leistungswelle axiale Zahnkräfte an der Meßwelle, die zu einer Längenänderung führen. Diese Längenänderung kann sowohl gemessen als auch aus der gleichzeitig gemessenen Verdrehung über den

bekannten Schrägungswinkel der Verzahnung exakt errechnet werden.

Durch die Schubwirkung des Propellers wird gleichzeitig auch eine Längenänderung der Leistungswelle bewirkt. Diese führt dazu, daß die errechnete und die gemessene Längenänderung der Meßwelle um einen Betrag voneinander abweichen. Diese Abweichung ist dem wirkenden Propellerschub proportional und kann zu seiner Bestimmung verwendet werden.

Die Verformungseigenschaften der Meßwelle können unabhängig von der Leistungswelle bestimmt und dadurch das Meßsystem kalibriert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren und System zur Messung des Drehmoments und des Axialschubs an rotierenden Wellen an Maschinen und Anlagen, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Drehmoment und der Schub nicht an der leistungsführenden Welle selbst, sondern an einer von dieser angetriebenen Meßwelle gemessen wird.
2. Verfahren und System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die leistungsführende Welle mit zwei Zahnrädern, die in einem Längenabstand angeordnet sind, die Meßwelle schlupffrei antreibt derart, daß sich eine Verdrehung der Leistungswelle in diesem Längenabstand mit dem Übersetzungsverhältnis der Zahnpaarung auf die Meßwelle überträgt.
3. Verfahren und System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die von der leistungsführenden Welle angetriebene Meßwelle über Zahnräder mit Schrägverzahnung angetrieben wird derart, daß bei einer Verdrehung der Leistungswelle durch axiale Zahnkräfte eine Längenänderung der Meßwelle entsteht.
4. Meßwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Längenabschnitt in der Gestaltung oder in der Wahl des Materials einen hohen Anteil an der entstehenden Verformung hat und in diesem Längenabschnitt die für die Messung der Verdrehung und der Längenänderung bestimmten Sensoren angeordnet sind.
5. Meßwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus elektrisch, magnetisch oder optisch aktivem Material besteht und ihre Eigenschaften bei Verformung so verändert, daß sie als Sensor für diese Verformung eingesetzt werden kann.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

